

## ANALYSE

### Les choix énergétiques dans l'immobilier résidentiel à la lumière de l'analyse économique

*Le signal-prix, taxe ou permis consistant à faire internaliser le coût environnemental des émissions des gaz à effet de serre par les consommateurs et les producteurs, constitue la pierre angulaire des politiques de lutte contre le changement climatique. Cependant, certaines voix contestent les résultats que l'on peut attendre du seul signal-prix, en soulignant notamment que les ménages ne réalisent pas des investissements pourtant très rentables en termes d'économies d'énergie. Elles prônent alors une réglementation plus contraignante (ou plus incitative) sur de nombreux aspects de la vie quotidienne. Néanmoins, pour proposer des politiques publiques efficaces, il convient d'identifier précisément les défaillances comportementales et les imperfections de marché. Cependant, même si une panoplie d'instruments idoines semble requise, notamment pour lever la contrainte de crédit des ménages, ceux-ci devraient idéalement coexister avec des mécanismes de prix reflétant fidèlement le poids des coûts de l'énergie et des contraintes environnementales.*

L'amélioration de la performance énergétique est un élément central de la lutte contre le changement climatique. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont, en effet, le résultat du produit de la population totale, de l'activité économique par individu (PIB *per capita*), de l'intensité énergétique par unité de production et enfin de l'intensité carbone d'une unité énergétique. Le développement et la diffusion de technologies économes en énergie et sobres en carbone sont donc amenés à jouer un rôle essentiel dans la réduction à moindre coût des émissions.

La loi de programmation du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement souligne que « le secteur du bâtiment, qui consomme plus de 40 % de l'énergie finale et contribue pour près du quart aux émissions nationales de gaz à effet de serre, représente le principal gisement d'économies d'énergie exploitable immédiatement ». Après avoir rappelé quelques caractéristiques structurantes de la consommation énergétique dans l'immobilier résidentiel et de son impact environnemental, nous précisons les freins à l'adoption de technologies énergétiquement efficaces et/ou sobres en insistant sur les concepts économiques sous-jacents. Enfin, divers dispositifs envisagés pour contourner les comportements irrationnels des ménages et les imperfections de marché seront présentés.

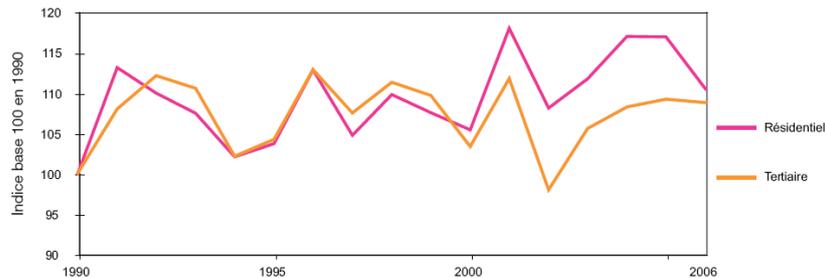
#### Des objectifs ambitieux fortement contraints dans le secteur résidentiel

##### *La croissance des émissions de gaz à effet de serre dues au secteur résidentiel*

En France, les secteurs résidentiel et tertiaire représentent 23 % des émissions de dioxyde de carbone, derrière le secteur des transports qui contribue à hauteur de 34 % et celui de l'industrie (19 % pour la combustion à laquelle il faut ajouter 4,8 % si l'on inclut les autres procédés industriels). La production d'électricité et de chaleur compte pour 12 %. La part de ce dernier secteur est faible en France en raison de la taille de son parc nucléaire, alors qu'il occupe la première place en tant qu'émetteur de CO<sub>2</sub> dans l'UE (32 %), devant les transports (23 %). Cependant, les secteurs résidentiel et tertiaire ainsi que les transports restent ceux dont les émissions continuent à augmenter entre 1990 et 2006 : ils ont cru

respectivement de 10 %, 9 % et 17 %<sup>1</sup>. Si ces chiffres doivent être nuancés notamment dans les secteurs résidentiel et tertiaire en raison des variations conjoncturelles (conjoncture économique et climat), il n'en reste pas moins que la croissance tendancielle des émissions de ces secteurs est bien réelle jusqu'en 2005, alors qu'une inversion de tendance semble à l'oeuvre depuis cette date (estimation résidentiel + tertiaire en 2007 : 85 MtCO<sub>2</sub>). Elle s'accompagne de certaines modifications des consommations. Si l'on examine les combustibles utilisés pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire depuis 1990 (hors électricité et chauffage urbain), on note un accroissement des émissions dues au gaz concomitant au recul de celles découlant de l'usage du fioul et du charbon. En termes d'énergie, la consommation du résidentiel-tertiaire, après une pause en 2006 et 2007, enregistre une forte croissance en 2008 (+ 2,6 %) qui la replace dans une tendance à la hausse d'environ 0,7 % par an depuis 2000. Cette croissance est sensiblement moins forte que celle de la période 1990-2000 (+ 1,1 % par an)<sup>2</sup>.

#### Évolution des émissions de gaz à effet de serre des secteurs résidentiel et tertiaire



Source : Agence européenne pour l'environnement, juin 2008.

#### Les contraintes inhérentes à un parc vieillissant mais dont la durée de vie est très longue

Des économies d'énergie peuvent être réalisées lors du renouvellement du parc de logement et/ou par des actions de rénovation du parc existant. Le parc résidentiel français (30 millions de logements) est âgé et les deux tiers des logements ont été construits avant 1975, date d'entrée en application de la première réglementation thermique (RT 1974, qui ne s'appliquait qu'aux bâtiments d'habitation neufs). Le taux de renouvellement correspond au taux de construction neuve, légèrement supérieur à 1 % (jusqu'à 400 000 nouveaux logements par an en cycle haut), auquel on doit retrancher un taux de sortie<sup>3</sup> quasiment négligeable d'environ<sup>4</sup> 0,3 %. À ce rythme, les logements anciens, construits avant 1975, devraient représenter encore deux cinquièmes du parc en 2050. Il faudra donc plus d'un siècle pour remplacer le parc actuel et le différentiel de performance énergétique entre logements neufs et anciens ne devrait pas permettre de réduire la consommation d'énergie. En effet, même si les logements construits avant 1975 consomment 375 kWh/m<sup>2</sup>/an contre 170 kWh/m<sup>2</sup>/an pour ceux construits après 2000<sup>5</sup>, les volumes en jeu sont tels que les sorties du parc entraînent des baisses de consommations estimées à 1,2 TWh (soit moins de 0,2 %) tandis que les consommations des constructions neuves croissent de 2,6 TWh (soit 0,4 %, chiffres pour l'année 2000). L'évolution même accélérée de la réglementation énergétique et l'impact des avancées technologiques ne devraient pas permettre de substantielles économies d'énergie<sup>6</sup> supplémentaires dans le neuf. **Une amélioration de la performance énergétique et environnementale requiert donc un effort notable dans la rénovation du parc existant<sup>7</sup>.**

#### Une consommation qui évolue

Le détail de la consommation d'énergie est très éclairant. La hausse de la consommation globale de chauffage a été très lente dans la période récente, malgré une vive croissance des surfaces construites. Au contraire, **les consommations d'« électricité spécifique<sup>8</sup> » et d'énergies pour la cuisson augmentent toujours rapidement.**

<sup>1</sup> Repères CO<sub>2</sub> et énergie, France et Monde, 2009, CGDD – SOeS.

<sup>2</sup> Bilan énergétique de la France pour 2008, Commissariat général au développement durable – Service de l'observation et des statistiques : [http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/bilan\\_energ\\_08\\_avec\\_correctionP12\\_cle09597f.pdf](http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/bilan_energ_08_avec_correctionP12_cle09597f.pdf)

<sup>3</sup> Somme des démolitions (0,1 % à 0,2 %), destructions et fusions.

<sup>4</sup> Chiffres INSEE. Le rapport du Conseil général des Ponts et Chaussées intitulé *Recherche et développement sur les économies d'énergie et les substitutions entre énergies dans les bâtiments* estime le taux de renouvellement annuel à 0,1 % en nombre, 0,7 % en surface et 0,06 % en consommation.

<sup>5</sup> J. Marchal (2008), *Modélisation des performances énergétiques du parc de logements*, Agence nationale de l'habitat, janvier.

<sup>6</sup> Rapport du Conseil général des Ponts et Chaussées (2005), *op.cit.*

<sup>7</sup> O. Teissier et L. Meunier (2008), « Scénarios de forte réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les transports et les bâtiments à l'horizon 2050 », *Notes de synthèse du SESP*, n° 170, CGDD/SEEIDD, juillet-août-septembre.

<sup>8</sup> L'électricité spécifique correspond à l'électricité nécessaire pour les services qui ne peuvent être rendus que par l'usage de l'énergie électrique. On ne prend pas en compte dans l'électricité spécifique : l'eau chaude, le chauffage et la cuisson qui peuvent utiliser différents types d'énergie.

Évolution de la consommation d'énergie par usage  
(hors énergies renouvelables, mais y compris bois), corrigée du climat

En millions de tep	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007(p)	1990/2006
Chauffage	30,1	30,5	31,9	31,4	30,9	30,3	29,8	1 %
Eau chaude sanitaire	3,9	3,9	4,3	4,3	4,1	4	4,1	3 %
Cuisson	2	2,4	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	20 %
Électricité spécifique	3,6	4,1	5	5,8	6	6,2	6,4	72 %

Source : SOeS d'après CEREN

Le rapport du Conseil général des Ponts et Chaussées souligne qu'une rénovation à faible coût (scénario de division par deux des consommations à l'occasion des rénovations normales) permettrait de réduire de 30 % la consommation totale en 2040 malgré la croissance des surfaces construites, et de la maintenir ensuite. Un scénario plus volontariste de rénovation obligatoire (consommation moyenne de 50 kWh/m<sup>2</sup>) montre que le niveau de consommation atteint vers 2080 serait environ la moitié du niveau actuel. Le rapport en conclut que l'objectif du facteur 4 ne serait atteignable qu'en menant une politique de substitution des énergies fossiles par des énergies propres ou renouvelables. Face à ces objectifs ambitieux, il est donc nécessaire de comprendre les ressorts des choix de consommation et d'investissement des ménages et d'identifier les instruments que peuvent mobiliser les pouvoirs publics dans un souci d'efficience.

### Le paradoxe de l'efficience énergétique

De nombreux analystes d'horizons divers<sup>9</sup> ont mis en évidence la persistance, paradoxale selon eux, de l'usage de technologies inefficaces alors même qu'existent des solutions énergétiquement efficaces à des coûts nets très faibles voire négatifs, les économies anticipées compensant largement l'investissement initial.

Des analyses plus poussées, tout en reconnaissant l'existence de « barrières » à la diffusion de technologies énergétiquement efficaces, ne les rangent pas toutes dans des **imperfections de marché**. Il se peut que certains coûts soient simplement mal identifiés et que des solutions technologiquement plus efficaces ne soient pas économiquement efficaces. Les interventions de la puissance publique pour orienter les choix de production et de consommation d'énergie risquent alors de ne pas conduire à des solutions « gagnant-gagnant » du point de vue de la collectivité et de l'individu ou, « sans regret », au sens où les personnes se retrouveraient coincées sur des solutions d'isolation ou de chauffage dont elles contesteraient le bien fondé par la suite.

Plus précisément, les écarts aux choix énergétiques optimaux sont dus à des imperfections qui peuvent être classées sous deux grandes catégories. D'une part, **les défaillances de comportement** liées à des choix individuels ne permettent pas aux agents de maximiser leur utilité espérée et de jouir ainsi du service rendu au moindre coût. De l'autre, **les défaillances de marché *stricto sensu*** sont des imperfections empêchant une allocation optimale des ressources, à préférences des agents données.

#### Des défaillances qui n'en sont pas ?

Certains économistes estiment que les économies d'énergie sont souvent surestimées *ex-ante*, notamment en raison d'évaluations réalisées dans des cadres bien particuliers ne recoupant que très imparfaitement les situations réelles. Ainsi, Metcalf et Hassett<sup>10</sup> ont calculé, à partir de données de consommation d'énergie résidentielle, que le rendement de l'isolation du logement était de l'ordre de 10 % alors que les études disponibles annonçaient des économies de plus de 50 %. Cette prise en compte de l'incertitude ou de l'hétérogénéité des situations réelles ne peut être assimilée à une défaillance comportementale proprement dite et ne justifie pas une action spécifique de l'État.

Les incertitudes et l'hétérogénéité qui sous-tendent les arbitrages privés sont de plusieurs ordres. Les usages d'une technologie dérogent souvent de « l'usage-type » auquel on se réfère en première analyse. L'adoption d'un nouvel équipement thermique est ensuite un choix difficilement réversible. Il expose l'investisseur au risque de changement de la donne concernant les prix énergétiques qui peut invalider son choix initial. Il l'expose aussi au risque d'obsolescence accélérée de son matériel lorsque surgit une

<sup>9</sup> A. Lovins qui défend la « révolution négawatt » aux États-Unis, l'association Négawatt qui promeut la sobriété énergétique, le collectif d'industriels « Isolons la Terre contre le CO<sub>2</sub> » auteur du rapport *Bâtiments « 50 kWh/m<sup>2</sup>/an »*. *Étude prospective des moyens techniques à mettre en oeuvre*, ENERTECH, 2007, etc.

<sup>10</sup> Gilbert E. Metcalf et Kevin A. Hassett (1999), « Measuring the energy savings from home improvement investments: Evidence from Monthly Billing Data », *The Review of Economics and Statistics*, 81(3), p. 516-528.

innovation non prévue. Il faut également prendre en compte le surcoût que constitue le déclassement d'installations précédentes non encore intégralement amorties.

Certains inconvénients liés à l'adoption d'une nouvelle technologie peuvent aussi être sous-estimés. Ainsi les réfrigérateurs ou les logements performants, car bien isolés, sont souvent plus volumineux, ce qui peut induire un coût indirect en termes d'encombrement supplémentaire pour le consommateur. Enfin, toute économie d'énergie s'accompagnant d'un effet de richesse peut induire un effet rebond : les agents moins contraints financièrement par leurs dépenses énergétiques peuvent alors avoir tendance à consommer plus en volume. Cet effet, peut-être efficient du point de vue économique, viendrait affaiblir un calcul trop rapide figeant les consommations.

### **Biais cognitifs et défaillances comportementales**

L'intégration dans les analyses économiques, et plus récemment en économie de l'environnement<sup>11</sup>, des défaillances comportementales est intervenue à l'issue de travaux menés par des sociologues et des psychologues. Elles ont été confirmées par des études empiriques, souvent conduites dans le cadre d'expériences contrôlées de laboratoire relevant des écarts systématiques à la rationalité économique standard. Une typologie retenue par Mullainathan et Thaler<sup>12</sup> retient que l'être humain peut s'éloigner des axiomes du choix rationnel de *l'homo economicus* selon trois dimensions : la rationalité limitée (limite cognitive à l'optimisation), la volonté limitée (incohérence temporelle<sup>13</sup>) et l'individualisme limité (altruisme).

Il existe peu de littérature empirique sur l'impact de comportements irrationnels dans le choix d'investissement dans des technologies énergétiquement sobres qui ne soient pas également rationalisables dans le cadre classique<sup>14</sup>. Toutefois, des expériences récentes<sup>15</sup> ont tenté de renouveler la pratique des « *behavioral economists* » afin d'identifier des incitations efficaces hors du système des prix. **L'approche retenue**, a connu un essor certain dans le champ de l'économie du développement<sup>16</sup>. **La mise en œuvre des politiques publiques doit alors combiner une identification précise des biais de comportements** (documentés sur le plan théorique et au niveau du laboratoire) **et une mesure rigoureuse des gains potentiels** (expériences contrôlées, problèmes d'extension à une large échelle d'une expérience réalisée dans un contexte donné).

**Cette méthodologie a été récemment appliquée à l'étude de l'impact des normes sociales dans la consommation d'énergie.** Des chercheurs américains<sup>17</sup> ont ainsi pu mettre en évidence que l'établissement d'une **facture assortie d'une comparaison de la consommation d'énergie** (électricité et gaz naturel) du ménage avec celles de foyers similaires du voisinage (mode de chauffage, surface du logement, etc.) permettait de réduire significativement les consommations, toutes choses égales par ailleurs. La facture est également accompagnée de conseils ciblés (étendre son linge, etc.). Les ménages gros consommateurs d'énergie mais aussi les plus modestes auraient alors tendance à ajuster fortement leurs consommations. En outre, cet ajustement semble durable (il reste décelable un an après le début de l'expérimentation) et lié à des modifications de comportements durant les fins de semaine. Enfin, si les ménages qui consomment moins que la moyenne ont tendance à légèrement augmenter leur consommation, cet effet « boomerang » reste limité, notamment si la présence d'injonctions normatives (présence de message positifs en cas de bonne performance) complète les normes descriptives.

## **Quelles politiques publiques face aux imperfections de marché ?**

En sus des incohérences comportementales sur les consommations d'énergies, l'identification **des défaillances de marché permet de mettre en correspondance les leviers d'actions et d'insister sur la multiplicité des instruments nécessaires pour le déclenchement de comportements privés d'investissement thermiques conformes aux objectifs du Grenelle.** Si les défaillances de marché sont

<sup>11</sup> J. Shogren et L. Taylor (2008), « On Behavioral-Environmental Economics », *Review of Environmental Economics and Policy*, 2, pp. 26–44.

<sup>12</sup> S. Mullainathan et R. Thaler (2000), « Behavioral economics », MIT Department of Economics, *Working Paper*, n° 00–27.

<sup>13</sup> Les comportements liés à l'incohérence temporelle ont pu être modélisés en introduisant une actualisation dite hyperbolique des gains espérés : le taux d'escompte est alors croissant entre le présent et le futur, et constant entre deux périodes futures. Elles peuvent être vues comme « un conflit entre le moi présent et le moi futur » [Voir A. Masson (2002), « Risques et horizons temporel : quelle typologie des consommateurs épargnants », *Risques*, 49.]. De telles préférences permettent d'appréhender simplement des comportements manifestement irrationnels comme la procrastination ou l'addiction.

<sup>14</sup> K. Gillingham, R. G. Newell et K. Palmer (2009), « Energy Efficiency Economics and Policy », *Annual Review of Resource Economics*, 1: 597–619.

<sup>15</sup> H Allcott et S. Mullainathan (2009), « [Behavioral Science and Energy Conservation](#) ».

<sup>16</sup> Notamment par Abhijit Banerjee, Esther Duflo, Dean Karlan, Michael Kremer, et bien d'autres.

<sup>17</sup> I. Ayres, S. Raseman, et A. Shih (2009), « Evidence from Two Large Field Experiments that Peer Comparison Feedback Can Reduce Residential Energy Usage », *NBER Working Paper*; n° 15386: <http://www.nber.org/papers/w15386>. Cette étude consiste en deux expériences qui se distinguent par le nombre de foyers « traités », soit près de 40 000, avec un nombre comparable de foyers témoins (pour chacune des expériences).

théoriquement bien comprises, leur prégnance reste peu documentée, ce qui milite fortement pour une évaluation des politiques publiques mises en oeuvre. Par ailleurs, même si elles se révélaient importantes, elles n'en rendent pas moins nécessaire l'établissement d'un signal prix reflétant l'ensemble des coûts engendrés par la consommation d'énergie.

### *Externalités du marché de l'énergie*

Une imperfection essentielle associée au marché de l'énergie tient à la **présence d'externalités négatives** : le coût de l'énergie n'intègre pas toujours les dommages environnementaux associés à sa production (pollution atmosphérique, changement climatique). En théorie, les instruments à mobiliser sont plutôt simples, dès lors que l'on s'attaque à des externalités qu'il faut soumettre à **une taxe « pigouvienne »** (taxe ou vente aux enchères de permis à polluer échangeable) ciblée sur la source de la pollution (émissions de CO<sub>2</sub>). Néanmoins, d'autres imperfections de marché peuvent limiter l'efficacité d'un signal-prix tarifant correctement les externalités.

### *L'information imparfaite*

D'autres imperfections du marché de l'énergie résidentielle tiennent au manque d'information. La complexité des choix technologiques pour des travaux qui ne sont entrepris que peu de fois au cours d'une vie, et donc pour lesquels investir dans une recherche d'information est peu rentable, couplée à une hétérogénéité des situations et des intervenants (installateurs aux compétences limitées, distributeurs) rend difficile pour les ménages l'acquisition de l'information idoine. Si les locataires ou les accédants ont du mal à évaluer les investissements des bailleurs ou des promoteurs, ils tendront à aligner leurs évaluations de performance sur la moyenne du parc. Les logements mal isolés chasseront alors les logements bien isolés du marché induisant un sous-investissement en technologies économes en énergie. **Une partie des asymétries d'informations peut être comblée par des campagnes de sensibilisation et d'information (labels) des consommateurs mais elles se heurtent à la complexité des interventions.**

**L'imposition de normes ou de prix minimaux** garantissant un bénéfice conséquent aux offres performantes afin d'éviter qu'elles ne soient retirées du marché **limitent les problèmes d'anti-sélection**. Si la réglementation thermique peut tenir ce rôle pour les logements neufs, le problème reste difficile à résoudre pour les travaux de rénovation diffuse liée à l'obsolescence des composants de chauffage, d'isolation, etc.

**À quel niveau doivent agir les normes ?** Les normes doivent-elles créer des obligations de performance ou agir sur les causes, c'est-à-dire sur les moyens et les procédés mis en œuvre ? La première option bute sur le caractère souvent difficilement observable et donc mesurable des résultats concernant la performance thermique d'un logement. Cet obstacle affaiblit en définitive la possibilité de mettre en œuvre un contrôle efficace de la réglementation. En conséquence, **nombre de pays européens** (Allemagne, Grande-Bretagne, pays scandinaves) **privilégient la diffusion des meilleures techniques disponibles par des réglementations axées sur les composants plutôt que le recours à l'unique exigence de performance globale**<sup>18</sup>. **Le contrôle est d'autant plus ardu** qu'une large part des travaux est réalisée pour « *compte propre* », i.e. « *au noir* ». À ce titre, l'arrêté du 3 mai 2007 sur la rénovation des petits bâtiments existants<sup>19</sup> qui impose des performances minimales pour les vitrages, les huisseries, les isolations, les chaudières, les auxiliaires de ventilation, poêles à bois, etc., constitue une inflexion bienvenue mais qu'il conviendra d'évaluer avec soin (normes adaptées, efficacité des contrôles, notamment auprès des distributeurs) avant de la généraliser. En effet, si l'essentiel des travaux concernent actuellement les huisseries et vitrages (40 %) et les chaudières (40 %), et que cette réalité transparait dans le choix des composants ciblés par l'arrêté, il n'en reste pas moins vrai que la consommation d'énergie spécifique présente des gisements d'économie largement inexploités.

### *Les problèmes d'agence*

**Les asymétries d'information risquent également d'induire des problèmes d'aléa moral si les bailleurs font seuls les choix d'investissement et règlent les consommations alors que le locataire ajuste sa consommation.** Une fois le contrat de location scellé, le locataire n'est plus incité à réduire sa consommation (chauffage compris dans le loyer ou charges mutualisées au niveau d'un immeuble). Si les locataires paient les factures d'énergie, les bailleurs doivent pouvoir évaluer la part de l'investissement qu'ils peuvent leur faire supporter par l'augmentation du loyer, ce qui suppose une parfaite connaissance de leurs besoins, laquelle est limitée par l'asymétrie d'information.

<sup>18</sup> Appliqué au neuf, elle était censée induire un effet d'entraînement du neuf sur l'ancien difficilement décelable *a posteriori*.

<sup>19</sup> Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, applicable au 31 octobre 2007.

L'aléa moral est surmontable s'il est possible d'aligner les incitations de l'agent sur celles du principal. En ayant recours au paiement de consommations d'énergies par le locataire avec des tarifications qui augmentent plus que proportionnellement avec la consommation d'énergie, ce dernier est incité à révéler sa consommation optimale anticipée. En effet, par le choix du seuil au-delà duquel l'énergie marginale est surpayée, le locataire révèle sa consommation au bailleur ce qui permet à celui-ci de réaliser l'investissement adéquat. Cependant, si les caractéristiques énergétiques du logement sont difficilement observables par le locataire, il est nécessaire que le bailleur puisse s'engager *ex-ante* de façon crédible sur la performance du bien. Une certification crédible peut jouer un rôle. Une autre façon de faire consisterait à soumettre le bailleur à une pénalité au-delà du seuil de consommation du locataire afin d'aligner leurs incitations. Cela suppose cependant qu'un accord soit conclu avec un troisième acteur qui récolterait les pénalités. On le voit, lever les problèmes d'agence est chose ardue si les asymétries d'information sont très fortes. Une tarification trop élaborée risque de ne pas être comprise par les agents, limitant ainsi son champ d'application.

#### Imperfections de marché, défaillances comportementales et interventions publiques possibles

Imperfections de marché potentielles	Interventions publiques possibles	Exemple d'interventions
<b>Marché de l'énergie</b>		
Externalités environnementales	Principe pollueur-payeur (écotaxe, marché de permis à polluer)	Taxe carbone, marché de permis d'émission (ETS)
Tarifcation au prix moyen	Tarifcation en temps réel, prix de marché	Un marché de la distribution d'électricité plus ouvert devrait permettre une offre plus diversifiée
Sécurité et indépendance énergétique	Taxation de l'énergie pour la rémunération des efforts militaires et diplomatiques, réserves stratégiques	TIPP
<b>Marché des capitaux</b>		
Contrainte de crédit/contrainte de liquidité	Financements et prêts publics, bonifications d'intérêt	Éco-PTZ et éco-prêt « logement social »
<b>Marché de l'innovation</b>		
Externalités positives de la R & D	Financement public de la recherche, subventionner la R & D	Programmes ADEME (PREBAT, NTE), grand emprunt Effort de formation (FEE-BAT), structuration de la filière, projets pilotes
Externalités positives du <i>learning-by-doing</i>		
<b>Problèmes d'information</b>		
Information insuffisante et/ou asymétrique	Programme d'information ; normes techniques pour limiter l'anti-sélection	Eco-labels, réglementation thermique, règlements composants, information obligatoire sur la performance énergétique
Problème principal-agent	Programme d'information ; contrats innovants	Contribution du locataire au partage des économies de charges <sup>20</sup>
<i>Learning-by-using</i>	Programme d'information, subventionner les utilisateurs précoces	Programmes ADEME de démonstration
<b>Imperfections comportementales potentielles</b>		
Théorie des perspectives	Information, éducation, normes	Eco-labels, réglementation thermique, programme de sensibilisation
Rationalité limitée		
Recours aux heuristiques		
Incohérence temporelle		

Source : Inspiré de K. Gillingham, R. G. Newell et K. Palmer (2009), *op.cit.*

Depuis mars 2009<sup>20</sup>, une contribution financière est exigible en sus du loyer et des charges locataire lorsque le bailleur a réalisé, dans le logement loué ou dans les parties communes, des travaux d'économies d'énergie. Une participation financière limitée dans sa durée (moins de 15 ans) et dans son

<sup>20</sup> La loi MLLE (Loi de Mobilisation pour Le Logement et la Lutte contre l'Exclusion) du 25 mars 2009 (art 119).

montant (pas plus de la moitié des économies d'énergie estimée) est exigible si les travaux bénéficient directement au locataire et lui sont justifiés, sous réserve qu'ils permettent d'atteindre un niveau minimal de performance énergétique<sup>21</sup>. Si les coûts d'étude et d'audit ne s'avèrent pas prohibitifs et que les résultats annoncés sont suffisamment crédibles, ce dispositif permettrait d'aligner les incitations des bailleurs et des locataires et d'améliorer les performances énergétiques dans le logement « ancien » (date de construction antérieure à 1990) auxquelles elles sont destinées.

### *Les défaillances du marché de capitaux*

**Les travaux de rénovation, du bâti ancien notamment, nécessitent des investissements lourds qui ne sont amortissables que sur une durée assez longue et mobilisent des actifs peu liquides.** Un investisseur risque alors de buter sur une contrainte de crédit s'il ne dispose pas d'autres sources de garantie. L'État peut **lever les contraintes de crédit** en garantissant les prêts contractés par les emprunteurs ne disposant pas de collatéral. Cependant, la distribution de subventions et/ou de prêts est susceptible d'entraîner des effets d'aubaines substantiels qui affaibliraient considérablement le rendement de la dépense publique.

L'objectif fixé par le Grenelle de l'environnement consiste à réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38 % d'ici à 2020, par la rénovation complète de 400 000 logements chaque année à compter de 2013. Deux dispositifs sont emblématiques de cet effort : **l'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ) et l'éco-prêt « logement social »** (*voir encadré ci-dessous*). Ils peuvent certes être vus comme des subventions ciblées sur les travaux de rénovation qui se justifient par un rendement social (baisse des émissions) des interventions mais ils doivent également permettre de lever la contrainte de crédit de certains investisseurs.

#### **Deux instruments clés pour atténuer la contrainte de crédit**

L'éco-prêt à taux zéro s'adresse aux propriétaires, bailleurs ou occupants, pour financer des travaux d'économie d'énergie et/ou de sobriété carbone sur les parties communes ou privatives. Le prêt d'un montant maximal de 30 000 euros<sup>22</sup> ne doit pas s'étendre sur plus de 10 ans (15 ans exceptionnellement) et concerne principalement la rénovation de l'ancien (logement achevé avant le 1<sup>er</sup> janvier 1990). Les travaux doivent faire partie d'un bouquet de travaux prédéterminés<sup>23</sup> ou atteindre « un objectif de performance énergétique global<sup>24</sup> ».

« L'éco-prêt logement social » vise à financer, en seulement deux ans (une enveloppe d'1,2 Md€ a été ouverte pour 2009-2010 sur les fonds d'épargne gérés par la Caisse des Dépôts), à des conditions de taux très préférentielles (prêt d'une durée maximale de 15 ans, bénéficiant d'un taux fixe de 1,9 %, grâce à la double bonification de l'État et de la Caisse des Dépôts), les travaux d'amélioration thermique des 100 000 logements sociaux consommant le plus d'énergie visés par le Grenelle de l'environnement. Il est accordé aux organismes de logement social qui s'engagent à hisser les logements classés E, F ou G (plus de 230 kWh/m<sup>2</sup>an et plus de 36 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>an) sur l'étiquette énergie du diagnostic de performance énergétique à la classe C (moins de 150 kWh/m<sup>2</sup>an et moins de 20 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>an) après travaux, soit la réalisation d'une économie d'énergie d'au moins 80 kWh/m<sup>2</sup> par an, par logement.

La réussite de tels programmes est tributaire de la **limitation des effets d'aubaine** (ne pas financer les investissements qui auraient eu lieu en l'absence de la mesure) et de l'efficacité énergétique des investissements réalisés. Les critères de performance devraient limiter l'inefficacité si les contrôles sont efficaces. Ils devraient également bénéficier de **l'introduction de normes « composants » plus strictes**. Au regard du manque d'informations fiables sur la rénovation énergétique, des enquêtes convenablement ciblées seraient particulièrement bienvenues lors de la réalisation de programmes d'une telle ampleur.

### *L'articulation de l'innovation et des imperfections de marché*

Si la croissance des prix de l'énergie accélère la diffusion de technologies sobres (progrès technique induit), les défaillances de marché, non seulement ne permettent pas une consommation optimale des ressources énergétiques dans l'immédiat mais limitent également les investissements rentables et découragent l'innovation. Pour améliorer l'efficacité énergétique, l'action de la puissance publique doit donc **accompagner le processus technologique dans les trois phases d'invention, d'innovation**

<sup>21</sup> Les niveaux minimaux de performance énergétique à atteindre, ainsi que les modalités d'évaluation des économies d'énergie sont définis dans deux décrets et arrêtés du 23 novembre 2009 (JO du 25.11.09).

<sup>22</sup> Dans la limite de plafonds, l'éco-prêt à taux zéro permet de financer : la fourniture et la pose des nouveaux ouvrages (sous réserve que l'équipement ou le matériau réponde aux conditions techniques d'éligibilité) ; les travaux induits indissociablement liés (reprise d'électricité, installation d'un système de ventilation...) ; les frais de maîtrise d'œuvre (architecte, bureau d'étude thermique...) ; les frais éventuels d'assurance.

<sup>23</sup> Les travaux, réalisés par des professionnels, doivent être choisis dans au moins deux des catégories suivantes : isolation performante de la toiture, isolation performante des murs donnant sur l'extérieur, isolation performante des fenêtres et portes donnant sur l'extérieur, installation ou remplacement d'un chauffage ou d'une production d'eau chaude sanitaire, installation d'un chauffage utilisant les énergies renouvelables.

<sup>24</sup> Une consommation d'énergie inférieure à 150 kWhEP/m<sup>2</sup>an, si le logement consomme, avant les travaux, plus de 180 kWhEP/m<sup>2</sup>an ; une consommation inférieure à 80 kWhEP/m<sup>2</sup>an, si le logement consomme, avant les travaux, moins de 180 kWhEP/m<sup>2</sup>an.

(adaptation aux besoins du marché et commercialisation) et de diffusion (adoption à grande échelle des nouveaux produits). Les externalités positives liées aux activités de R & D et le *learning-by-doing*, présentent des externalités socialement positives qui seront sous-financées par des acteurs privés en l'absence d'incitations publiques adéquates. En outre, une incertitude sur la performance des produits, dévoilée et/ou améliorée à l'usage (*learning-by-using*), peut également créer des externalités positives insuffisamment rémunérées. Par exemple, si des appareils ne se voient largement adoptés qu'après que certains utilisateurs ont pu certifier leur satisfaction, les prix du marché ne suffiront pas à inciter le nombre optimal d'« adopteurs précoces » (*early-adopters*).

**Favoriser la diffusion des innovations thermiques chez les utilisateurs  
par le truchement des fournisseurs d'énergie**

**Les certificats d'économie d'énergie (CEE) sont destinés à permettre l'internalisation des coûts liés à une surconsommation d'énergie.** Il s'agit de contraindre des fournisseurs d'énergie, dits « obligés<sup>25</sup> », à réaliser des économies d'énergie auprès de leurs clients (par rapport à des valeurs de référence proportionnelles à leur part de marché). Diverses actions standardisées, que peuvent également mettre en œuvre des « non obligés », permettent de délivrer des certificats libellés en KWh finale cumac (cumulés sur la durée de vie du service et actualisés au taux de 4 %) échangeables avec les « obligés » qui n'auraient pas réussi à atteindre leurs objectifs<sup>26</sup>. Le dispositif devrait inciter les acteurs du marché de l'énergie à se structurer en filière afin de délivrer un service énergétique plus efficace notamment dans le logement résidentiel pour environ 95 % des CEE. Les modestes objectifs de 18TWh cumac/an de la première période 2006-2009 ont été dépassés et devraient être considérablement accrus pour la période suivante. **L'évaluation du dispositif est encore balbutiante mais il semblerait que les distorsions créées par les divers crédits d'impôts ne permettraient pas de diffuser les mesures les plus rentables (isolation) en termes de coût unitaire par CEE accumulé.** En outre, les « obligés » ne supportent actuellement que peu de coûts directs (mais une part plus conséquente de coûts indirects liés à la structuration de la filière, la recherche d'informations et de partenaires) qui sont essentiellement supportés par les consommateurs et l'État *via* des crédits d'impôts<sup>27</sup>.

**Le rôle central du signal-prix**

Si les imperfections de marché peuvent restreindre la capacité du marché libre à atteindre l'optimum économique, **le rôle du signal-prix demeure crucial.** L'acceptabilité et l'efficacité des politiques environnementales se joueront sur le **bon dosage entre signal-prix et contrainte réglementaire.** Un trop faible recours à des incitations par les prix peut conduire d'une part à une prolifération de normes de substitution, fragmentées par type d'usage et ajustées au cas par cas, ce qui affaiblit la lisibilité du système. Les comportements imposés par la norme engendrent d'autre part des coûts et des taux d'efforts très différenciés d'un agent à l'autre et doivent être évalués avec attention du point de vue de l'efficacité et de l'équité.

La sensibilité plus ou moins grande des agents aux prix ou aux normes relève probablement moins de la nature même de ces signaux que du degré de certitude qui les caractérise. Une norme peut ne pas être assortie d'un contrôle et de sanctions adaptés. Une variation de prix sur un marché peut n'être que transitoire. Lorsque un changement de prix relève d'une taxe, ou d'une subvention, on peut s'attendre en revanche à un effet permanent que les agents privés incorporeront plus aisément dans leurs arbitrages. L'imperfection de marché est alors plus limitée qu'on aurait pu le penser en première analyse, lorsque l'on introduit ce **distinguo entre signal-prix pérenne ou non pérenne.** Une étude des déterminants de l'adoption de technologies économes en énergie dans le logement résidentiel, conduite aux États-Unis<sup>28</sup>, révèle que les subventions et autres crédits d'impôt étaient, pour un montant équivalent, bien plus efficaces<sup>29</sup> que l'augmentation équivalente des prix. Ce résultat serait alors révélateur d'une contrainte de crédit pesant sur la capacité de financement des investissements. Cependant, les auteurs avancent plutôt une interprétation faisant intervenir les prix. La perception par les agents de l'augmentation des prix comme des signaux temporaires, tandis qu'un financement *ex-ante* est lui par définition permanent, expliquerait la différence des comportements.

En effet, même si la consommation d'énergie domestique est peu réactive aux variations prix à court terme (faiblement élastique), l'effet à plus long terme est loin d'être négligeable<sup>30</sup> une fois que les agents modifient leurs comportements durablement et/ou utilisent des technologies plus économes en énergie. En outre, les spécificités des marchés de l'énergie et de leurs distributions (réseau électrique constamment sous tension, rationnement de la demande hors du système de prix, tarification au coût

<sup>25</sup> Essentiellement des fournisseurs d'énergie (EDF, GDF Suez et Ecofioul).

<sup>26</sup> Une pénalité libératoire doit être acquittée si les certificats requis ne peuvent être fournis.

<sup>27</sup> L. Bodineau, L.-G. Giraudet, D. Finon, Analyse des coûts du dispositif CEE : résultats préliminaires, note ADEME-CIRE.

<sup>28</sup> Kevin A. Hassett et Gilbert E. Metcalf (1995), « Energy Tax Credits and Residential Conservation Investment: Evidence from Panel Data », *Journal of Public Economics*, 57, p. 201-217.

<sup>29</sup> 8 fois plus efficace, ce qui est assez spectaculaire. D'autres auteurs trouvent des facteurs moins élevés mais qui restent substantiels.

<sup>30</sup> M. Clerc et V. Marcus (2009), « Élasticités-prix des consommations énergétiques des ménages », Document de travail de la direction des études et synthèses économiques, INSEE.

moyen, tarifs réglementés, etc.<sup>31</sup>) induisent des distorsions par rapport à l'optimum atteignable. Ainsi, les consommateurs payant le même prix, pendant et en dehors des pics de consommation, ne s'acquittent pas exactement du coût marginal de la génération d'électricité. Les choix d'investissement et de consommation d'énergie sont tributaires du prix de celle-ci. **Si les prix proposés ne reflètent pas l'optimum productif, les distorsions engendrées risquent de conduire à une mauvaise allocation des ressources tant du point de vue statique (choix de consommation) que dynamique (investissement, innovation).** Cette « vérité des prix » est d'autant plus cruciale, en termes d'allocation optimale des ressources, que le marché concerné est hétérogène (au niveau des combustibles, des situations climatiques, des modes de consommations, des corps de métiers du bâtiment). À cet égard, **le prix de l'électricité en France est sous-évalué de l'ordre de 20 %<sup>32</sup> par rapport au prix du marché européen et il est très probable que cela induise une surconsommation et un recours à des matériels peu performants** notamment en électricité spécifique (réfrigération, appareils bruns).

**Une autre distorsion de prix peut découler de l'usage de normes qui, comme toutes les contraintes, induisent un prix implicite** correspondant au coût marginal de réduction de la consommation d'énergie. S'il est justifié d'imposer une norme donnée afin de refléter certains coûts sociaux qui ne sont pas transmis par le système des prix prévalant sur le marché (sécurité énergétique, coût environnemental, problèmes d'anti-sélection), **il faut s'assurer que le coût de l'externalité soit lui répercuté de façon homogène**, la distorsion des prix induites pouvant être alors plus pénalisante que l'externalité initiale. En effet, une multiplicité des prix nuit à la mobilisation des gisements d'économies d'énergie les moins onéreux. **Si les normes issues de la réglementation thermique particulièrement efficaces en termes d'économie d'énergie, car très contraignantes, ont essentiellement porté sur le neuf, notamment sur l'isolation, elles peuvent faire peser sur ce segment du marché le poids d'économies d'énergie qui auraient pu être réalisées dans l'ancien à moindre coût.** L'exemple le plus frappant est le recours à des bâtiments très bien isolés couplés à un chauffage électrique direct qui équipe près de 70 % des logements neufs : **une surconsommation liée à des prix trop bas est contrôlée par des normes très sévères.** Un résultat équivalent aurait sans doute pu être atteint avec des prix de l'électricité plus élevés tout en réduisant les surcoûts d'isolation pour le neuf.

\* \* \*

Le débat autour du paradoxe de l'économie d'énergie doit permettre de préciser la nature des imperfections de marchés et des comportements irrationnels justifiant une intervention des pouvoirs publics. Dans un souci de cohérence, les différents dispositifs devraient être conçus pour lever, dans la mesure du possible, les contraintes dues à des imperfections bien identifiées, dont notamment la contrainte de crédit, tout en intégrant le rôle primordial d'un prix de l'énergie reflétant fidèlement tous les coûts qu'engendre sa consommation. Une évaluation des bénéfices induits devrait, toujours dans l'idéal, accompagner leur mise en œuvre afin de permettre une affectation optimale des dépenses publiques. Les sommes en jeu sont en effet colossales. D'ici à 2020 ans, 205 Md€ seront investis dans le bâtiment au titre de la loi de programme Grenelle 1<sup>33</sup>, dont 192 Md€ pour la rénovation des bâtiments (tertiaire et résidentiel). Si l'État et les collectivités locales prennent en charge 40 Md€ pour la rénovation des bâtiments publics et les logements sociaux, 150 Md€ devront être investis par les ménages et les entreprises. La qualité des instruments économiques pour mobiliser de telles sommes et les orienter vers les actions les plus efficaces est donc cruciale.

> *Mahdi Ben Jelloul, Département des Affaires économiques et financières*

Centre d'analyse stratégique  
18, rue de Martignac  
75700 Paris cedex 07  
Téléphone 01 42 75 61 00  
www.strategie.gouv.fr

Directeur de la publication :  
Vincent Chriqui, directeur général

Rédactrice en chef de La Note de veille :  
Nathalie Bassaler, chef du Service Veille,  
Prospective, International

<sup>31</sup> P. Joskow et J. Tirole (2007), « Reliability and competitive electricity markets », *CEPR Discussion Paper*, No.DP6121.

<sup>32</sup> Données Eurostat, 2009.

<sup>33</sup> Le point sur l'étude d'impact *ex-ante* du projet de loi de programme Grenelle, CGDD, décembre 2009.